Aus dem Anatomischen Institut
der Freien Universität Berlin

Lehrstuhl: Prof. Dr. med. H. J. Merker

QUANTITATIVE INDIZIEN DER CELEBRALEN ORGANISATIONSHÖHE AM BEISPIEL DES DELPHINS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
am Medizinischen Fachbereich
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von Amir Hossein Dara geb. in Teheran/Iran

1976

Aus dem Anatomischen Institut
der Freien Universität Berlin

Lehrstuhl: Prof. Dr. med. H. J. Merker

QUANTITATIVE INDIZIEN DER CELEBRALEN ORGANISATIONSHÖHE AM BEISPIEL DES DELPHINS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
am Medizinischen Fachbereich
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von Amir Hossein Dara geb. in Teheran/Iran

1. Referent: Prof. Dr.med. H.J. Merker

2. Korreferent: Prof. Dr.med. J. Cervós-Navarro

Tag der Promotion: 23.11.1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Für die Anregung zur Arbeit und die Diskussion danke ich Herrn Prof. Dr.H.J. Merker.

Herrn Ass.Prof. Dr.med. H. Adhami danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit, sowie für die wertvollen Ratschläge.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung
4	Material und Methode
6	Befunde
8	Diskussion
11	Zusammenfassung
12	Tabelle
13	Literaturverzeichnis
18 - 25	Abbildungen
26	Lebenslauf

E I N L E I T U N G

Im Laufe der onto- und phylogenetischen Entwicklung der Hirnrinde kommt es zu einer Dislokation der Nervenzellen, bei gleichzeitiger Vergrößerung des außerneuronalen Raumes durch Ausbildung höchst komplizierter Netzstrukturen (K.Fr. BAUER, 1948, DE-CRINIS, 1931).

Nach NISSL (1903) besteht die Hirnrinde nicht nur aus Nervenfasern, Nervenzellen, Gliazellen, deren Fortsätzen und Blutgefäßen, sondern auch aus einer eigenartigen Zwischensubstanz, welche sich zwischen den genannten Strukturen ausbreitet und sich von denselben unterscheidet. Das "Nissl-Grau" besteht dementsprechend aus einem nicht-zelligen, spezifisch nervösen Anteil des Zentralnervensystems.

Der Teil der Grauen Substanz im Zentralnervensystem, der im Sinne Nissls als Grundsubstanz ein "nervöses Grau" in Anspruch nimmt, war Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und führte zu mannigfaltiger Theorienbildung. Nach HELD (1927), BAUER (1948) und KORNMÜLLER (1947) stellte die Grundsubstanz im Zentralnervensystem ein plasmatisches Kontinuum dar und wurde als Neurencytium bezeichnet. Der Neurencytium-Begriff steht in diametralem Gegensatz zur Neuronentheorie, welche von W. HIS (1886) begründet, von anderen bestätigt und von A. WALDEYER (1891) formuliert worden ist. Die Waldeyer'sche Theorie stellte das Neuron als anatomische, genetische, tropische und funktionelle Einheit dar. Diese Theorie wurde von anderen Autoren bestätigt und vertreten (R.Y. CAJAL, 1920).

Erst in den Jahren zwischen 1950 - 1955 brachte das Elektronenmikroskop Licht in diese Problematik. Der außerneuronale Raum stellt sich

unter dem Elektronenmikroskop als nahezu restlos ausgefüllt mit feinen und feinsten Zellfortsätzen dar. Alle Einwände, die von den Retikularisten und Verfechtern syncytialer Bautheorien im Zentralnervensystem - ausgehend von der Konzeption einer Grundsubstanz, eines besonderen, eigenständigen, nervösen Graus, oder eines allgemeinen Grundnetzes - gegen die klassische Neuronentheorie erhoben wurden, können demnach in den elektronenmikroskopischen Befunden keine Stütze finden (HAGER, 1959, 1960). Der überaus dichte Fortsatzfilz wird im Anschluß an HERRICK (1948) als Neuropil bezeichnet.

Das Neuropil nimmt in der Ontogenese und Phylogenese zu, das heißt: Vergleicht man eine circumskripte Rindenregion bei verschiedenen Spezies, so ist bei höher entwickelten Spezies mit gesteigerten Intelligenzleistungen eine geringe Nervenzellzahl in einem quantitativ viel größer ausgebildeten außerneuronalen Netz wahrzunehmen. Diese morphologische Differenzierung der Hirnrinde ist der sichtbare Ausdruck der Vervollkommnung, die sich in der phylogenetischen und ontogenetischen Entwicklung vollzieht (V.ECCONOMO und KOSKINAS, 1925, V.ECCONOMO, 1926, 1928, 1929, 1930, BAUER, 1948, BAUER und VESTER, 1965).

Quantitativ läßt sich die Zunahme der im außerneuronalen Raum gelegenen Netzwerke mit verschiedenen Methoden erfassen.
V.ECCONOMO gelang dies erstmals 1926 an einem menschlichen Gehirn. Er zählte die Zellzahl von 0,1 mm dicken Hirnschnitten in einer Breite von 0,1 mm und einer mittleren Rindendicke von 2,5 mm und multiplizierte die gefundenen Zahlen mit 100.

Damit erzielte er die Zellzahl für einen Cortexquader von 1 mm^2, dessen Höhe 2,5 mm beträgt. Das Verhältnis von Zellzahl zu Cortexvolumen ergibt die Zelldichte.
V.ECCONOMO setzt die Pyramidenzellen gleich Kegel und die Körnerzellen gleich Kugel.

Aus der Höhe der Pyramiden- bzw. der Basisbreite bestimmt er ihr Volumen, und aus dem Radius der Körnerzellen deren Volumen. Aus der bekannten, von Wagner, Henneberg und Anton beschriebenen Cortexoberfläche und ihrem spezifischen Gewicht (errechnet von DANILEWSKI) bestimmt er das Gewicht der Rinde und erhält nach Abzug des Gesamt-Nervenzellgewichtes das Gewicht des außerneuronalen Raumes.

Das Verhältnis der gesamten Rindenmasse des "Nervösen Rindengraus" zu der gesamten Masse der Zellen (Nervenzellen und Gliazellen) nennt V.ECCONOMO den "Rindengrau-Zellkoeffizienten GZ", der beim Menschen 26 beträgt.

Obwohl V.ECCONOMO selbst keine vergleichenden Untersuchungen durchführte, schreibt er 1928 "das Verhältnis der reinen Zellmasse zu derjenigen Masse des Cortex muß bei den verschiedenen Tierarten ein recht verschiedenes sein".

HAUG, 1953a, 1953b, 1966, 1967, 1969, 1970, setzt sich in Annäherung an die Untersuchungen von V.ECCONOMO ebenfalls mit dem GZ auseinander. Er zählte nach der Treffermethode die Zellzahl pro Flächeneinheit bei konstanter Schnittdicke. Nach Vergleich der Nervenzellen mit Pyramiden bzw. Kegel, kommt er zur Berechnung deren Volumen.
Nach dieser Methode ist der GZ - Rauminhalt eines Zellfeldes durch den gesamten Zellinhalt. Seine vergleichenden Befunde zwischen Pferd - Kaninchen - Mensch führen zu dem Ergebnis, daß der Mensch mit großem Abstand an der Spitze steht, d.h. ein circumskriptes Rindengebiet des menschlichen Gehirns ist im Vergleich zu den anderen untersuchten Tierarten zwar zellärmer, dafür aber reicher an zwischenzelligen Netzstrukturen.

HAUG, 1953, bemerkt ebenso wie V.ECCONOMO, 1926, daß "eine ideale

Lösung unserer ursprünglichen Fragestellung mit den z.Zt. vorhandenen wissenschaftlichen Möglichkeiten nicht gegeben ist, da die raummäßige Größe der Gliazellen und der Blutgefäße mit den bis jetzt vorhandenen Methoden nicht exakt bestimmbar ist".

Zur Lösung dieser Fragestellung verwendet ADHAMI 1973 die Video-Point-Counting-Methode. Mit diesem Verfahren ermittelte er die relativen Flächen aller gefärbten Strukturen im Nisslbild. Als Grau-Zellkoeffizient wird das Verhältnis des im Nisslbild nicht gefärbten Nervengewebes zu dem im Nisslbild gefärbten Nervengewebe bezeichnet.

Die vergleichenden Untersuchungen mit diesem Verfahren bei Mensch, Hund und Kaninchen zeigen ein Verhältnis von 100:70:59.

In dieser Arbeit soll am Delphingehirn der Grau-Zellkoeffizient mit einem automatischen Bildanalysegerät (Micro-Videomat, Fa.Zeiss) untersucht werden und mit den Befunden anderer Autoren zur Diskussion gestellt werden.

MATERIAL und METHODE

Der hier untersuchte Delphin wurde zufälligerweise von Fischern gefangen und bis zur Untersuchung in Eis aufbewahrt.

Der Delphin hat eine Kopf-Schwanz-Länge von 3,4 m, ein Gewicht (ohne Eingeweide) von 120 kg. Nach der Eröffnung der Kalotte wurden das Gehirn und die einzelnen Teile gemessen:

Gesamthirngewicht: 1480 g
Klein- und Stammhirn: 260 g
Rückenmarkgewicht: 45 g

Rückenmarklänge: 24 cm
Hirnbreite (Entfernung der Temporalpole): 17 cm
Frontal-occipital Entfernung: 14 cm, die Höhe: 9 cm

Nach Vorfixierung in Formalin 1:10 wurde der Frontalpol abgetragen und für die histologische Untersuchung über die aufsteigende Alkoholreihe in Methylbenzoat, Benzol in Paraffin eingebettet. Die 10 µ dicken Schnitte wurden mit Toluidinblau nach Nissl gefärbt.

Die quantitative Auswertung des Nisslbildes erfolgte mit dem Mikro-Videomat, einem Fernsehmikroskop bzw. Fotomikroskop der Firma Zeiss. Dieses ursprünglich für werkstoffwissenschaftliche Aufgaben konstruierte Gerät ermöglicht über einen zentral untergebrachten, programmierten Analogrechner die Teilchenzählung und Flächenmessung. Hier werden Nervenzellen, Glia- und mesodermale Zellen, sowie Blutgefäße, also alle im Nisslbild gefärbten Bestandteile, die sich färberisch von den außerneuronalen Strukturen distinkt abheben, auf dem Monitor sichtbar gemacht.

Mit einem Polaritätsschalter können die Farbkontraste umgekehrt werden, so daß die nach Nissl blaugefärbten zelligen Bestandteile dann hell und die zwischenzellige Organisation dunkel erscheinen. Das Gerät registriert jeweils nur die Dunkelwerte. Durch den Polaritätsschalter ist aber die Möglichkeit gegeben, wahlweise die gewünschten Strukturkomponenten zu erfassen. Objektiv 40 x, Optovar 1,25 und elektronischer Vergrößerungsfaktor 20 wurden bei den Messungen benutzt, da sich diese Kombination nach vorhergehenden Testuntersuchungen als am besten geeignet erwiesen hatte.

Die Messungen werden jeweils an der Wendekuppe des Cortexmantels, dicht unterhalb der Pia begonnen und das Präparat senkrecht zur Mantelkante in Richtung Mark verschoben und bis zur Rindenmarkgrenze fort-

gesetzt, die deutlich auszumachen ist, da hier nur noch einzelne oder gar keine Nervenzellen mehr anzutreffen sind. der quantitative Meßwert der Rindenmarkgrenze liegt erfahrungsgemäß bei 50 p.m. Durchschnittlich wurden zehn Messungen pro Streifen senkrecht kontinuierlich Feld an Feld gereiht, und damit jeweils der ganze Bereich Cortexmantelkante bis Rindenmarkgrenze erfaßt. Insgesamt wurden an jedem Präparat 10 nebeneinanderliegende Streifen nach dieser Methode (10 Messfelder pro Streifen) untersucht. Das ergibt 100 Messungen an einem Präparat. Um einen statistisch gesicherten Wert zu erlangen, wurden 10 Präparate nach gleichem Modus untersucht, so daß 1000 Messwerte erhoben wurden. Der daraus resultierende Mittelwert gibt Aufschluß über das Verhältnis der relativen Flächeneinheiten von außerneuronalem Raum zu den im Nisslbild gefärbten zelligen Strukturen. Das ist der Grau-Zellkoeffizient = GZ. Nach dem Prinzip des CAVALIERI ist relative Flächeneinheit gleichzusetzen der relativen Volumeneinheit, die als Grundlage dieser Untersuchung gilt.

B E F U N D E

Das makroskopische Bild des Delphingehirns ist, verglichen mit dem des Menschen, durch einen außergewöhnlichen Faltenreichtum geprägt (Abb.1a). Die Sylvische Furche verläuft von dorsal hinten nach ventral vorn (Abb.1b). Der Temporalisationswinkel, gebildet durch die Verbindung des temporalen bzw. frontalen Poles mit dem Foramen Monroi, ist mit ca 30^{0} kleiner als der beim Menschen (40^{0}), (Abb. 2).

Lichtmikroskopisch fällt im Nisslbild der Stirnhirnrinde die relativ breite 1. Schicht auf, die an manchen Stellen die gesamte Breite der übrigen Rindendicke noch übertrifft (Abb. 3a). Das Ausmaß dieser 1. Schicht ist mit Breitenschwankungen zwischen 0,6 mm bis 0,9 mm uneinheitlich. Die zellreiche 2. Schicht hebt sich gegenüber der 1. Schicht deutlich ab, sie

besteht aus monomorphen, vorwiegend dreieckigen Nervenzellen mit dazwischenliegenden Gliazellen (Abb. 3b).

Die Fortsätze der Nervenzellen lassen sich im nach Nissl gefärbten Präparat ein Stück weit verfolgen. Gliazellen sind als Satelliten den Nervenzellen angelagert (Abb. 4a). In kontinuierlichem Übergang schließt sich die 3. nervenzellärmere Schicht an und daran angrenzend die Markzone.

Als bemerkenswerter Befund am Delphingehirn ist die Vielzahl der Gefäße zu erwähnen, die, wenn sie etwa zwischen benachbarten Falten liegen, die Rindengebiete häufig weit auseinanderdrängen. Diese charakteristische Gefäßarchitektonik ist Zeichen einer auffallend starken Blutversorgung des Gehirns und ist beim Delphin derartig ausgeprägt, daß sie als ein weiteres unterscheidendes Merkmal gegenüber anderen Spezies gelten muß. Dagegen lassen vergleichende Untersuchungen der Fibrilloarchitektonik zwischen Delphin- und Menschengehirn keine nennenswerten Unterschiede erkennen.

Die lichtmikroskopischen Befunde der Cytoarchitektonik in den drei Schichten finden ihre Bestätigung in den quantitativen Werten. Die relativen Grauflächenwerte, - also die der gefärbten Strukturen im Nisslbild - , liegen zunächst niedrig (in den ersten beiden Messfeldern), steigen an im Bereich der zellreichen 2. Schicht und fallen zur Rinden-Markgrenze wieder ab. Tabelle 1 gibt diese Fakten eines Rindenstreifens wieder.

Der errechnete Mittelwert aus den einzelnen Messdaten aller drei Schichten beträgt 65 p.m. Das sind also die Relativen Grauflächen. Nach dem Prinzip des CAVALIERI sind "relative F l ä c h e n - Anteile gleich relative V o l u m e n - Anteile".

Der hier gewonnene Wert des Grau-Zell-Koeffizienten ist also ein

Volumen-Grau-Zell-Koeffizient, der sich aus folgender Formel ergibt:

$$GZ = \frac{935 \text{ (nicht gefärbte Strukturen)}}{65 \text{ (gefärbte Strukturen)}} = 14,5$$

Vergleicht man mit diesem Wert für den Delphin die nach derselben Methode errechneten Befunde bei Mensch = 12,5, Hund = 8,7, Kaninchen = 7,4, so liegt der GZ beim Delphin höher als bei den anderen Spezies, übertrifft also auch den des Menschen um 15% (ADHAMI, 1973).

D I S K U S S I O N

Im Laufe der individuellen und stammengeschichtlichen Entwicklung der Hirnrinde kommt es zu einer Dislokalisation der Nervenzellen bei gleichzeitiger Vergrößerung des Neuropils durch Ausbildung und Vervollkommnung höchst komplizierter Netzstrukturen. Am Ende dieses Entwicklungs- und Reifungsprozesses der cerebralen Grisea ist das Verhältnis zwischen Nervenzellen und zwischenzelligen Netzstrukturen umgekehrt der Intelligenzleistung, d.h. je größer der Anteil von zwischenzelliger Organisation im Verhältnis zu den Nervenzellen ist, umso höher entwickelt ist das Gehirn mit entsprechend gesteigerter Leistungsfähigkeit (V. ECCONOMO mit KOSKINAS, 1926, K.FR. BAUER, 1948).

Dieses histologische Erscheinungsbild findet seinen quantitativen Ausdruck in dem Begriff "Grau-Zellkoeffizient" GZ, der als Ausdruck der cerebralen Organisationshöhe betrachtet werden muß. Daß dies bis heute nicht genügend gewürdigt wurde, liegt u.a. wohl auch an der Schwierigkeit seiner eindeutigen Bestimmung.

Mit einer erstmals mit einem Bildanalysegerät (Mikro-Videomat, Zeiss) angewendeten Methode zur Bestimmung des GZ werden die im Nissl-

präparat gefärbten Strukturen in relativen Flächen gemessen, in Relation zu den nicht gefärbten gesetzt und somit ein relativer Flächen-Grau-Zellkoeffizient ermittelt. Nach dem Prinzip von CAVALIERI ist eine relative Fläche gleich dem relativen Volumen zu setzen, so daß der hier ermittelte GZ einen Volumen-Grau-Zellkoeffizienten repräsentiert (ADHAMI, 1973).

Der methodische Fortschritt dieser Untersuchung liegt in folgenden Fakten:

1. Es ist zum ersten Mal möglich, alle gefärbten Strukturen des Nisslbildes exakt in relativen Flächeneinheiten zu erfassen. Das erschien bisher als ein nicht oder nur unvollkommen zu lösendes Problem (V.ECCONOMO, 1926), zu dem sich HAUG (1953) äußert:
   "Eine ideale Lösung der gestellten Aufgaben durch die Erfassung des nervösen Graus ist leider nicht möglich, da die raummäßige Größe der Gliazellen und der Blutgefäße mit den bis jetzt vorhandenen Mitteln nicht bestimmbar ist.".
2. Die Vereinfachung der Methode und Gleichsetzung des relativen Flächen-GZ mit relativem Volumen-GZ, wodurch eine mathematische, hypothetische Berechnung der etwaigen Volumina der einzelnen Elemente überflüssig wird.

In der hier angeschnittenen Frage kommt es darauf an, Tendenzen in der histogenetischen Entwicklung der Hirnrinde aufzuzeigen und mit den Methoden der quantitativen Histologie die morphologischen Gegebenheiten präzise zu erfassen. Die Forderung, quantitative Methoden und Ergebnisse sollen in der Morphologie Genauigkeit, Sicherheit und Klarheit in die Analyse spezifischer biologischer Probleme bringen, sobald sie eindeutig definiert sind (ASHTON und ZUCKERMANN, 1956), ist mit der

hier angewandten Methode erfüllt.

Der ermittelte GZ der Delphinstirnhirnrinde liegt mit dem Wert 14,4 um 15% über dem GZ des Menschen (12,5). Nach Untersuchungen von PILLERIE (1962) steht sowohl nach Ermittlung des Temporalisationswinkels als auch des Hypothalamusquozienten der Delphin ebenfalls an der Spitze in der Rangordnung der cerebralen Organisationshöhe. Daß bis heute bei allen quantitativen neurologischen Untersuchungsergebnissen immer der Mensch an erster Stelle stand, erklärt sich wohl dadurch, daß es bis in neuere Zeit nicht möglich war, vor allem wohl auch nicht interessant genug erschien, die Delphine mit in derartige Untersuchungen einzubeziehen. Erst in jüngster Zeit hat die Delphinforschung einen erheblichen Aufschwung genommen und wird unter verschiedensten Gesichtspunkten mit großer Intensität betrieben (HAUG, 1969).

Die zunächst erstaunliche Tatsache, daß der Delphin auch nach den oben diskutierten Ergebnissen - noch vor dem Menschen - an der Spitze steht, erfährt eine Korrektur, wenn man die Rindendicke in die Berechnungen mit einbezieht. Berücksichtigt man die Rindendicke der verschiedenen Spezies derart, daß man sie mit den gewonnenen GZ-Werten multipliziert, dann ergibt sich folgende Skala:

	Rindendicke	GZ	GZ x Rindendicke
Mensch	2,5	12,5	32
Delphin	1,6 - 1,8	14,5	23
Hund	1,5 - 1,9	8,7	16,7
Kaninchen	2,2	7,4	16,3

Hier liegt der Mensch an der Spitze mit dem höchsten Wert, der als Ausdruck der vollkommensten cerebralen Organisation zu interpretieren ist.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Mit einem Fernsehmikroskop "Mikro-Videomat" , einer Entwicklung der Firma Zeiss für ursprünglich werkstoffwissenschaftliche Aufgaben, wird das Äquivalentbild des Nisslbildes von der Stirnhirnrinde des Delphins quantitativ erfaßt. Die im Nisslbild gefärbten Strukturen der Stirnhirnrinde - Nerven-, Glia- und mesodermale Zellen, sowie Blutgefäße - werden in relativen Flächeneinheiten gemessen und in p.m. ausgedrückt. Der Grau-Zellkoeffizient = GZ drückt das Verhältnis von im Nisslpräparat nicht gefärbten zu den gefärbten Strukturen aus. Dieser so gewonnene Wert ist ein relativer Flächen-Grau-Zellwert, der nach dem Prinzip des CAVALIERI dem Volumen-Grau-Zellwert gleichzusetzen ist.

Der mit dieser Methode hier erhobene GZ-Wert für den Delphin liegt um 15% höher als beim Menschen. Berücksichtigt man aber die jeweilige Rindendicke und multipliziert den GZ-Wert damit, dann steht der "Neue Grau-Zellkoeffizient" des Menschen mit 55% an der Spitze.

Tabelle 30

Präp. 1 Stirnhirnrinde des Delphins

Dis. 455

	I	II	III	IV	V
1.	28	19	20	19	13,5
2.	77	105	112	89	87
3.	90	89	93	84	132
4.	59	40	69	81	57
5.	43	54	69	84	65
6.	82	75	67	62	69
7.	66	76	51	57	49
8.	51	53	56	65	37
S_1:	496/8	511/8	537/8	541/8	509,5/8
M_1:	62	64	67	68	64
S_2:	468/7	492/7	517/7	522/7	496/7
M_2:	67	70	74	75	71

LITERATURVERZEICHNIS

ADHAMI, H.: Photometrische Bestimmung des Cortexzell- und Graugehalts auf der Grundlage des Nisslbildes. Acta Anatomica 84 (Suppl. 60) 1-52 (1973).

ASHTON, A. und ZUCKERMANN, S.: Maß und Zahl in der Morphologie, in: Medizinische Grundlagenforschung, Bd. 1, Thieme, Stuttgart, 1956.

BAUER, K.FR.: Die histogenetischen Grundgesetze der cerebralen Grisea. Klinische Wochenschr. 21/22, (1948).

BAUER, K.FR. und VESTER, G.: Strukturprobleme des menschlichen Gehirns II. Elektronenmikroskopische Beobachtungen an der fötalen Hirnrinde des Menschen. Z. Naturwiss. Med. Grundlagenforschung, 2: 361-409 (1965).

CAJAL, R.Y.: Die Neuronenlehre im Handbuch der Neurohistologie von O. Bumke, übersetzt von Foerster I, 1920, Berlin, Springer 1930.

DANILEWSKI, B.: Die Hämatozoen der Kaltblüter. Arch. f. mikr. Anat. Bonn, 588-598, 1. 1884.

DANILEWSKI, B.: Expériences sur les relations entre developpement du crane et des circonvolutions du cerveau avec démonstration d'epreuves photographiques des cerveaux d'animaux ojéré.
Comt. rend. soc. de biol. Par., 10. siv. 667, 1897.

V.ECCONOMO, C.: Der Zellaufbau der Großhirnrinde und die progessive Cerebration.
Ergeb. d. Physiol. 29: 312-339, 1929.

V.ECCONOMO, C.: Cytoarchitectony and progressive cerebration.
Psychiatr. Quart. 4: 142-150, 1930.

V.ECCONOMO, C.: Nochmals zur Frage der arealen Grenzen in der Hirnrinde (Antwort auf die Vogt'schen Darstellungen).
Z. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. 124: 309-316, 1930.

V.ECCONOMO, C.: Die progressive Cerebration, ein Naturprinzip.
Wien, Med. Wochenschr. 78, 900-904, 1928.

V.ECCONOMO, C. und KOSKINAS, G.N.: Die Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen.
Berlin und Wien, J. Springer, 112-126, 1925.

V.ECCONOMO, C.: Ein Koeffizient für Organisationshöhe der Großhirnrinde (Zellanzahl derselben und einige andere Cortexmassen).
Klin. Wochenschr., Berlin, 593-595, 1926.

HAGER, H.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Feinstruktur der sogenannten Grundsubstanz der Groß- und Kleinhirnrinde des Säugetiers. Arch. psychiat. 198, 574-600, 1959.

HAGER, H.: Elektronenmikroskopische Befunde zur Cytopythologie der Abbau- und Abräumvorgänge in experimentell erzeugten traumatischen Hirngewebenekrosen. Naturwissenschaft 18, 427-428, 1960.

HAUG, H.: Der Grau-Zellkoeffizient des Stirnhirns der Mammalia in einer phylogenetischen Betrachtung. 1. Theoretische, technische und mathematische Grundlagen der Untersuchungen. Acta Anat. 19, 60, 1953.

HAUG,H.: Der Grau-Zellkoeffizient des Stirnhirns der Mammalia in einer phylogenetischen Betrachtung. 2. Weitere Berechnungen und Beschreibungen der Hirnpartien. Acta Anat. 19, 153, 1953.

HAUG, H.: Über die exakte Feststellung der Anzahl Nervenzellen pro Volumeneinheit des Cortex cerebri, zugleich ein Beispiel für die Durchführung genauer Zählung. Acta Anat. 67, 53-73, 1967.

HAUG, H.: Vergleichende quantitative Untersuchungen an den Gehirnen des Menschen, des Elefanten und einiger Zahnwale. 1. Mitteilung: Die Größe der Großhirnrinde. Med. Wochenschr. Heft 5, 201-205, 1969.

HAUG, H.: Qualitative und quantitative Untersuchungen an den Gehirnen des Menschen, der Delphinoidea und des Elefanten.
Die Ergeb. d. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte, 43.4, 1970.

HAUG, H.: Zytoarchitektonische Untersuchungen an der Stirnrinde des Elefanten.
Verh. Anat. Ges. 61: 331-7, 1966.

HELD, H.: Das Grundnetz der Grauen Hirnsubstanz.
Mschr. psychiatr. 65, 68, 1927.

HERRICK, J.: The brain of the tiger salamander.
Chicago, University of Chicago Press, 1948.

HIS, W.: Probleme des nervösen Graus.
Abh. Kgl. Sächs. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl. Leipzig, 1886.

KESARJEW, VS: Strukturnaia organizatsiia limbicheskoi kory mozga delphina.
Ark. Anat. 56: 28, 35, 1969.

KESARJEW, VS: Hirnstruktur beim Delphin und Menschen.
Ideen des exakten Wissens, 7, 1970.

KORNMÜLLER, A.E.: Die Elemente der nervösen Tätigkeit.
Stuttgart 1947.

NISSL, F.: Die Neuronenlehre und ihre Anhänger.
Jena, Gustav Fischer Verlag, 1903.

PILLERI, G.: Studies on thalamocortical relation in man: histological analysis of cases with temporo-cortical-foci. Psychiat. Neurol. (Basel) 143: 329-333, 1961.

PILLERI, G.: Intelligenz und Gehirnentwicklung bei den Walen, in: "Das ärztliche Panorama" , (Sandoz-Zeitschrift), 1962.

WALDEYER, W.: Der Begriff "Neuronentheorie" . Dtsch. Med. Wochenschr. 17, 1891.

Abb 1 a Facies convexa cerebri des Delphingehirns mit Sylvischer Fissur.
Vergr.: 1 : 20

Abb. 1 b Ansicht von oben mit Fissura longitudinalis cerebri-
Vergr.: 1 : 20

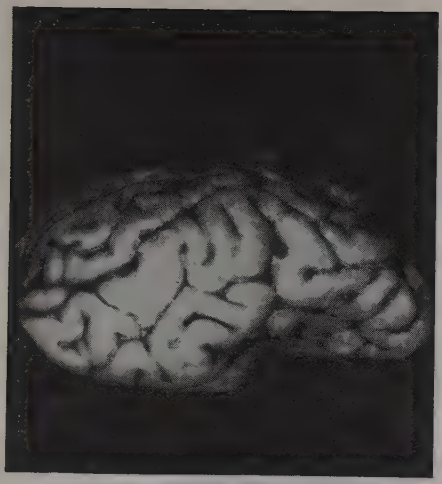

Abb. 1 a

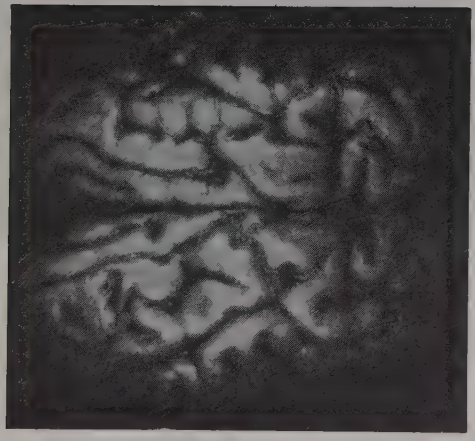

Abb. 1 b

Abb. 2 Schematische Darstellung des facies medialis mit Temporalisationswinkel.
Vergr. 1:20

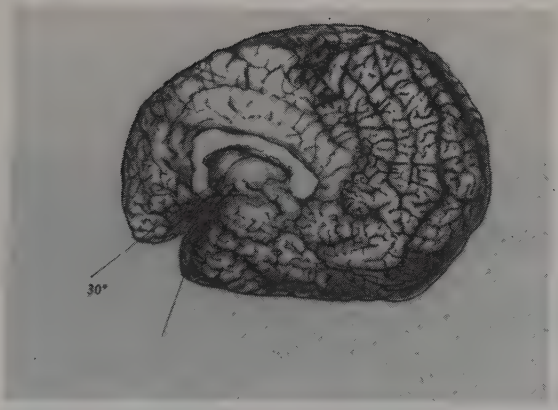

Abb. 2

Abb. 3 a Schematische Darstellung der Stirnhirnrinde mit drei Schichten.
Vergr. 1:20

Abb. 3 b Ausschnitt aus den 2 Schichten der Hirnrinde mit Nervenzellen und Gliazellen.
Färbung Nissl.
Vergr. 1:560

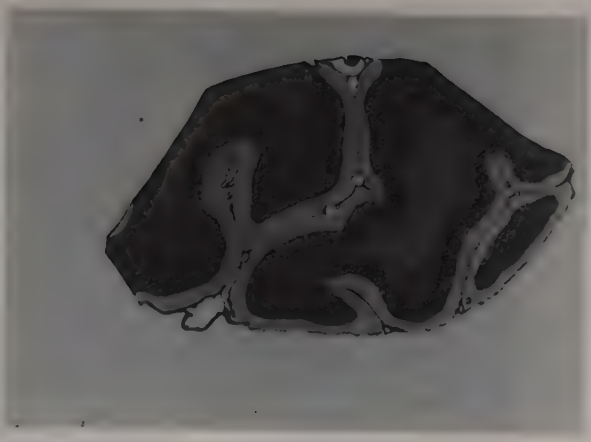

Abb. 3 a

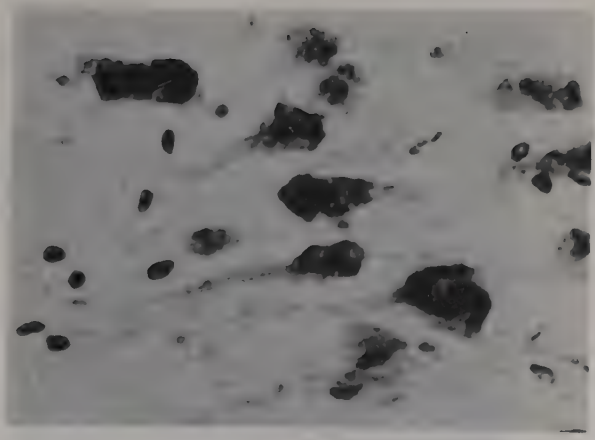

Abb. 3 b

Abb. 4 a

Ausschnitt aus der Hirnrinde des Delphingehirns.
(Monitorbild).
Vergr. 1:320

Abb. 4 b

Wie Abb. 4 a umgekehrtes Bild, die auf dem Monitor erscheinenden, schwarz dargestellten Strukturen werden gemessen.
Vergr. 1:320

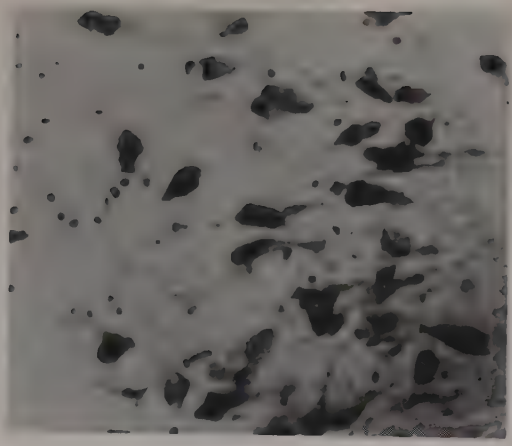

Abb. 4 a

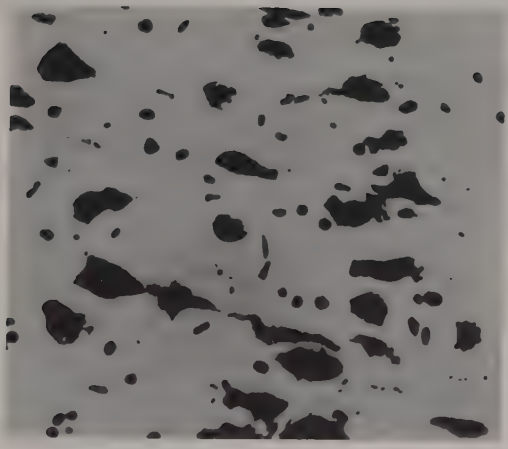

Abb. 4 b

L E B E N S L A U F

Amir Hossein Dara, geb. am 30.3.1927 als Sohn des Richters Hossein Ali Dara und seiner Ehefrau Effat, geb.Panahi, in Teheran.

1934-1940 Volksschule

1941-1948 Progymnasium und Gymnasium.

1956-1961 Medizinstudium in Bonn.

1961-1965 Medizinstudium in Köln.

Am 15.6.1965 Staatsexamen bestanden.

Bis 27.9.1967 Medizinal-Assistentenzeit.

Seit vier Jahren Facharzt für Innere Krankheiten.

Zur Zeit Internist am Landeskrankenhaus Brauweiler.

Dara

Druck: Schnelldruck Steglitz, 1 Berlin 41,
Berlinickestraße 14-15, Tel.: 791 80 80